

Nehézfémforgalom vizsgálata szennyvíziszapokkal terhelt mezőgazdasági területeken

TAMÁS JÁNOS és FILEP GYÖRGY

Agrártudományi Egyetem, Debrecen

A szennyvíziszapok nehézfém-tartalma az iszapelhelyezés egyik legexponáltabb kérdése. A kutatókat és a gyakorlati szakembereket egyaránt foglalkoztatja az, hogy ezek az elemek a talaj - növény - állat - ember biológiai láncolatába milyen mértékben lépnek be (ADRIANO & PAGE, 1981; COTTENIE, 1981; GERITSE et al., 1981; KÁDÁR, 1991; JOHNSTON & BECKETT, 1981; MATHYS, 1979; NÉMETH et al., 1994; SAUERBECK, 1986; TAMÁS, 1991; VERMES, 1987) és hol van az a határ, ahol ezek a fémek még károsodás nélkül tolerálhatók.

Városaink szennyvíziszapjában, a tájékoztató mérések szerint, egyes kiugró adatok ellenére, nincsen akkora mértékű nehézfém-szennyezettség, mely gátolná az iszap elhelyezését a talajba (OLÁH et al., 1984). Esetenként azonban néhány szennyező anyag különösen nagy gondot okozhat bizonyos körzetekben.

Egyes talajokban előfordul szennyvíziszap-bevitelle nélkül is 336 ppm kadmium, 4700 ppm cink, 664 ppm réz, 6560 ppm nikkel (BUZÁS, 1983). Az ilyen talajok a szennyvíziszap elhelyezése nélkül is jelentősen terheltek nehézfémekkel, ezért itt az iszapok elhelyezése már eleve kizárt.

A talajba vihető potenciálisan toxikus nehézfémek, mezőgazdasági területen való felhalmozódásának megítéléséhez azonban a szennyvíziszapokon kívül más beviteli forrásokat is figyelembe kell venni. SWAINE (1962) rámutat, hogy a szuperfoszfát rendszerint több száz mg/kg cinket tartalmaz. A levegőből való száraz és nedves kiülepedés is nagymértékben hozzájárulhat a talaj cink-, kadmium- és ólomterheléséhez. DAVIS & COKER (1980) becslése szerint Angliában szuperfoszfát-műtrágyával több, mint kétszer annyi kadmiumot visznek be a talajba, mint szennyvíziszappal. A szennyvíziszap-elhelyezésből származó szennyeződés összességében Dániában is csekély, habár az eljárást széles körben alkalmazzák (HANSEN & TJELL, 1979).

SYKES és munkatársai (1981) hangsúlyozzák, hogy a megengedhető fém-koncentrációk tekintetében igen nagy különbség van az egyes növényfajok, -fajták, az alkalmazott szennyvíziszap beltartalmi értéke, az alkalmazás módja (felszíni elhelyezés, a talajba injektálás), illetve a talajtípus szerint. A szennyvíziszap elhelyezése elsősorban a gabonafélék és a fűfélék termőhelyein tör-

ténik (CHANEY, 1983; EPSTEIN, 1974; GIRDANO et al., 1975; KIRKHAM, 1975; LOGAN & CHANEY, 1983; MACKEAN, 1976; WILLIAMS, 1980).

A fűfélék toxikuselem-koncentrációja elsősorban a legelő állatokon keresztül jelent az emberre potenciális veszélyt, különösen az iszap felszíni elhelyezése esetén (BOSWELL, 1975; HORVÁTH & SÍK, 1981; MILLER, 1967; SUTTLE et al., 1975).

Hazánkban viszonylag kevés adat áll rendelkezésre a mezőgazdasági talajokat különböző forrásokból érő nehézfém-szennyezés mértékéről és összetételéről. Még kevesebb a hosszabb időszakon keresztül gyűjtött és feldolgozott ilyen jellegű tematikus adatbázis, ezért szükségesnek láttuk ilyen irányú vizsgálatok elvégzését.

Anyag és módszer

A szántóföldi nehézfémforgalom (Zn, Cu, Mn, Pb, Cr, Ni, Cd) elemzését a Debrecen közelében fekvő szennyvíziszap elhelyező terület és megfigyelőrendszer adataiból kiindulva végeztük, 1984-től. A megfigyelőrendszer 1400 ha területre terjedt ki, s a kijelölt tíz állandó megfigyelőhely lefedi az uralkodó talajtípusokat. Ezek a következők: humuszos homok, réti csernozjom és réti talaj. Néhány kiegészítő vizsgálati helyet is létesítettünk, a megfigyelés megbízhatóságának növelése céljából. A mintavételi helyek területi elhelyezése az 1. ábrán látható.

A vizsgálatok során mértük a műtrágyával, a szerves trágyával, a szennyvíziszappal kijuttatott, a növényi főtermékkel és melléktermékkel kivont elemek mennyiségét, valamint a talaj mobilisnak tekinthető nehézfém készletének változását.

A szennyvíziszapminták ezer köbméteres iszapmennyiségeket reprezentáltak.

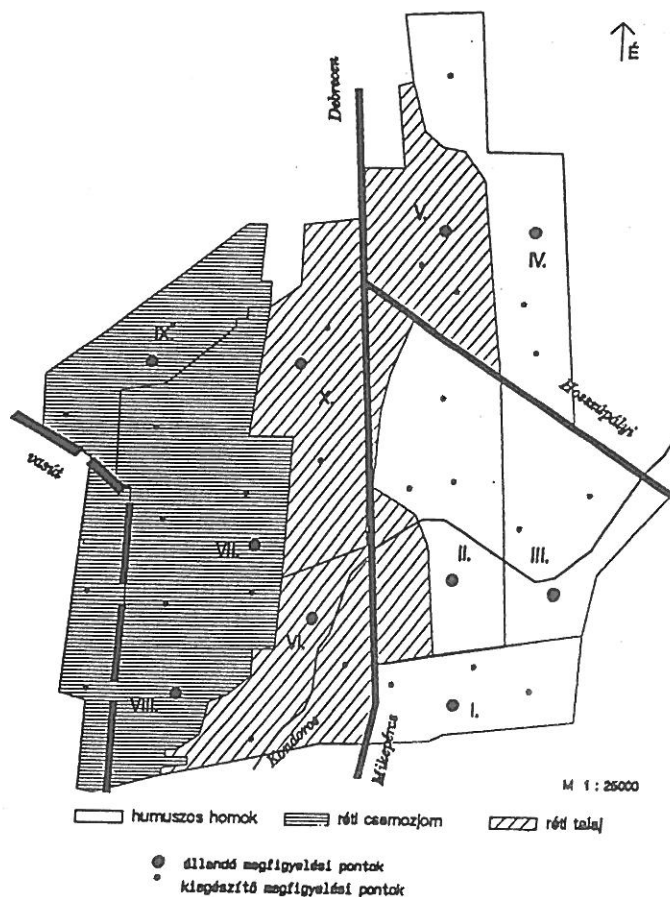
A talaj- és növényminták vizsgálata a MÉM NAK, DATE Műszerközpont, Talajtani Tanszék, valamint a Debreceni és a Hajdú-Bihar megyei Vízmű Vállalat részvételével folyt.

A Mn, Cd, Cr, Ni, Pb, Cu, Zn meghatározása a *talajmintákból* 0,1 M ammónium-laktát + 0,4 M ecetsav + 0,1 M ammónium-acetát + 0,05 M EDTA (pH = 3,7), a *szennyvíziszapból*, *műtrágyából* és *szerves trágyából* cc. HNO₃ felhasználásával történt. A méréseket ICP-vel végezték.

A *növény* Ni-, Mn-, Cd-, Cu-, Cr-, Pb- és Zn-tartalmának meghatározása pedig száraz roncsolás után, atomabszorpciós spektrofotométerrel történt.

A nehézfémforgalom értékelésénél a kiválasztott megfigyelőhelyek ötéves adatsorát dolgoztuk fel.

A műtrágya-kiszórásból származó nehézfémterhelést az évente ténylegesen kiszórt műtrágyák mennyisége alapján és az egyes műtrágyatételektől vett minták analitikai elemzésével nyert értékekből számoltuk. A vizsgált időszakban a



1. ábra

A szennyvíziszap-elhelyező terület talajtípusai és a megfigyelési pontok elhelyezkedése

foszforműtrágya 18 %-os hatóanyag-tartalmú szuperfoszfát, a káliumtrágya 60 %-os hatóanyag-tartalmú kálisó volt.

A szerves trágya és a szennyvíziszap beviteléből adódó nehézfémterhelést is hasonlóképpen állapítottuk meg. Az I., IV. megfigyelési helyen sertéstrágyát, míg a VIII. megfigyelési helyen szarvasmarhatrágyát szórtak ki.

A tényleges nehézfém-többlet megállapítását azért tartjuk fontosnak kiemelni, mivel nagyon sok hasonló értékelésnél csak becült adatokra támaszkodnak, illetve rövid időtartamot átfogó adatsorokat használnak. (Ahol az adatállomány ezt lehetővé tette, 8 éves időtartamot is feldolgoztunk, műtrágyák és szennyvíziszapok esetében.)

A talajvizsgálatok a megfigyelési helyeken, 1 m-es mélységig terjedtek. Minden megfigyelési helyről 5 talajmintát vettünk, 20 cm-es rétegenként egyet-egyét, így módunk volt az egyes rétegek összetételének változását is értékelni.

Növényi fő- és melléktermékkel ténylegesen kivont nehézfém kiszámításánál a forgalom szempontjából csak azokat a mennyiségeket vettük figyelembe, melyeket a megfigyelési helyről a betakarításkor elszállítottak. Így figyelembe vettük az elszállított gabonaszalmát, de nem tekintettük csökkentő tényezőnek pl. a kukoricaszár nehézfém-tartalmát. A nehézfémforgalom valamennyi elemének értékét 1 ha-os területre vetítve adjuk meg.

Vizsgálati eredmények

Ellenőriztük azt, hogy az 1983-1991. közötti időszak összes mintavételi és analitikai eredménye mennyire megbízható az iszap teljes mennyiségére vonatkozóan. Az értékelés két irányban folyt. Egyrészt, hogy a mintavételi gyakoriság milyen megbízhatósági értékkel fejezi ki az iszap tényleges minőségét, másrészt az így kapott eredmény mennyire ingadozik.

A mintavétel gyakoriságának megengedhető hibája 20 %-nak vehető, 95 %-os megbízhatósági érték mellett (BARÓTFI, 1991). A számításoknál használt összefüggések:

$$n = \left(2k \frac{S_x}{H_x} \right)^2 \quad (1)$$

$$H_x = \frac{2K \cdot S_x}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

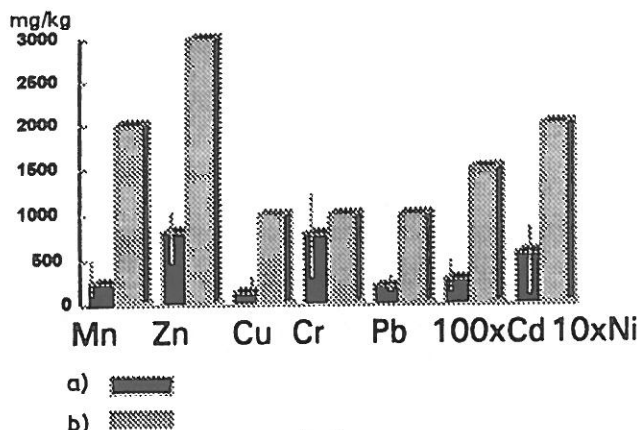
S_x : átlagos szórás; H_x : megengedett hiba; n : minták száma; k : értéke az általunk alkalmazott 95 %-os biztonságnál 1,96.

Ennél a biztonsági értéknél a mintavételezés gyakoriságából adódó %-os hiba értéke az általában elfogadott 20 %-os érték alatt volt, kivétel ez alól a kadmium (29,1), melynél ezt nagyobb gyakoriságú mintavételezéssel lehet csökkenteni.

A kihelyezett iszap minősége viszont már meglehetősen nagy ingadozást mutatott az elemzések során (2. ábra).

A fentiekből látható, hogy a vizsgált tulajdonság igen nagy relatív szórása jelentősen növeli a talajterhelés kockázatát.

A kijuttatott iszap szárazanyag-tartalma a szakhatóságok által engedélyezett érték (9,6 t/ha) alatt maradt a vizsgált 8 évben. Az egyes talajtípusokra átlagosan kijuttatott szennyvíziszap mennyisége között nem volt lényeges eltérés. Az



2. ábra

A kihelyezett szennyvíziszapok átlagos nehézfém-tartalma (1983-1991)
 a) átlagos nehézfém-tartalom és szórása; b) engedélyezett nehézfém-tartalom

iszap nehézfém-tartalmának a fentiekben bemutatott nagy variációjára miatt viszont nagyban eltérő volt az iszappal kivitt egyes nehézfémek átlagos mennyisége a három talajtípus esetében, az elemzett 8 év során (3. ábra). Az egyes talajtípusokon különböző gyakorisággal kihelyezett iszap a nehézfémek halmozott mennyiségében további differenciálódást okozott a befogadó terület különböző részein (3. ábra).

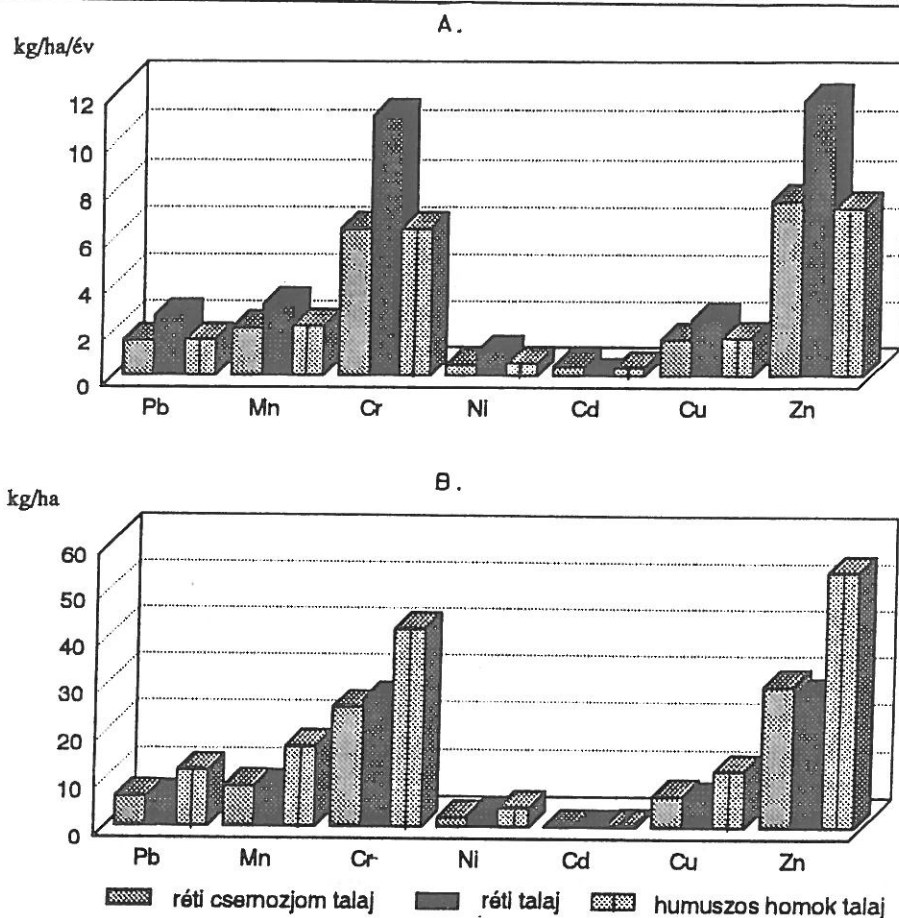
Ezért nem zárható ki, hogy egyes helyeken esetenként lokálisan veszélyes akkumuláció fordulhat elő. Elemzéseink egyik célja, hogy a hatályos előírásoknak megfelelő szennyvíziszap-elhelyezési gyakorlat során kialakulnak-e ilyen káros felhalmozódások, illetve mely területeken a legnagyobb ennek a valószínűsége.

Megállapítottuk a vizsgált hét nehézfém együttes előfordulásának szorosságát a különböző talajoknál, valamint ezek forgalmának legfontosabb tényezőit szántóföldi körülmények között. A nehézfémforgalom elemenként természetesen más és más. A többbezzres adatállomány értékelése alapján általánosan megfogalmazható eredmények a következők.

- A műtrágyákkal hektáronként néhány g-nagyságrendű nehézfém került évente a talajba. Az adott esetben a Mn, Zn, Pb volt a domináns, a Cd, mint nehézfémforrás elhanyagolható mennyiségű volt.

- A szerves trágyák (főleg a szálas marhatrágya) jelentősebb Mn, Zn, Cu források lehetnek; ez azonban függ a kiszórás gyakoriságától és a felhasznált trágya összetételétől.

- A szennyvíziszapot elsősorban Zn, Cr, Mn és Pb forrásként lehet tekinteni, de a talaj nehézfém-terhelése arányaiban néha alatta maradt a szerves trágyával bevitt mennyiségeknek. Az elemforgalomban az iszap összetételén kívül, döntő volt a bevitel gyakorisága.



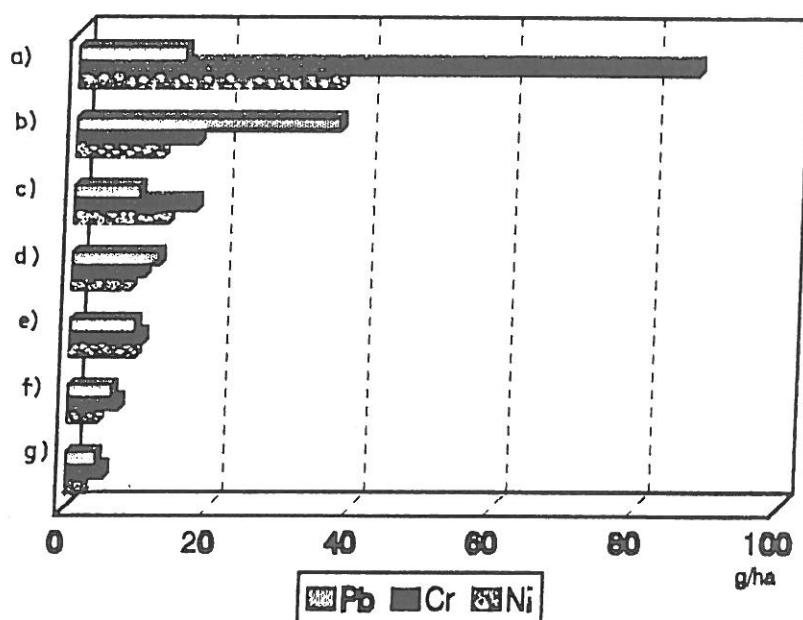
3. ábra

A talajba került nehézfémek mennyisége (1984-1991). A. A kijuttatott nehézfém mennyiségének átlaga. B. A kijuttatott nehézfém halmozott mennyisége

- A talajokban mért mobilis nehézfémkészlet, az összes teljes készleten túl, a feltáródás viszonyaitól és az alkalmazott extraháló szertől is függött. Csernozjom talajokon az összes nehézfémtartalom, míg homoktalajokon a nehézfémek felvehetősége volt nagyobb.

- Az összes figyelembe vett tényező közül a legnagyobb relatív szórást (CV% 15-80) a növények nehézfémfelvétele mutatta. A króm esetében a növényi felvételt az EDTA-val talajból kivonható krómfraakció kevésbé tükrözte. Egységnyi területről a legtöbb nehézfémet, csökkenő sorrendben: a silókukorica, lucerna, kukorica, illetve kalászosok vonták ki (4. ábra).

A 3. és 4. ábrából kitűnik, hogy a növényi nehézfémkivonás mindig kevesebb volt, mint a területet ért terhelések nagysága.



4. ábra

A különböző kultúrákkal egy hektárról kivont ólom, króm és nikkel átlagos mennyisége (1984-1991). Kultúrák: a) silókukorica, b) lucerna, c) kukorica, d) árpa, e) rozs, f) búza, g) napraforgó

Összefoglalás

Szennyvíziszappal terhelt területek nehézfémforgalmát vizsgáltuk meg hét nehézfémre (Ni, Mn, Cd, Cu, Cr, Pb, Zn) kiterjedően. Az értékelésnél figyelembe vettük a műtrágyával, a szerves trágyával, a szennyvíziszappal a területre kerülő, illetve onnan a mezőgazdasági termékekkel kivont mennyiségeket, 1 ha-ra vonatkoztatva. A vizsgálatok is igazolták, hogy a magyarországi szennyvíziszap-elhelyezési előírásokat betartva, hosszútávon sem következik be káros nehézfém-felhalmozódás (3. ábra). A 3. és 4. ábrából kitűnik, hogy a növényi nehézfémkivonás mindig kevesebb volt, mint a területet ért terhelések nagysága. A szennyvíziszap nehézfém-tartalmának nagy időbeli varianciája, valamint a vetésváltás és az állandó elhelyezési kényszerből származó térbeli variancia, a lokális akkumuláció veszélyét nem zárja ki. Ezt azonban a szennyvíz-kibocsátók szigorú kontrolljával és a tervszerűen kiépített széles körű monitoring rendszer fenntartásával el lehet kerülni.

Irodalom

- ADRIANO, D. C. & PAGE, A. L., 1981. Co-recycling of sewage sludge and fly ash: Heavy metal uptake by crop. In: Proc. International Conference, Heavy Metals in the Environment, Amsterdam, September 1981. 185-188. Amsterdam.
- BARÓTFI I., 1991. Környezettechnika kézikönyv. Budapest.
- BOSWELL, F. C., 1975. Municipal sewage sludge and selected element applications to soil. *Journ. Env. Q.* 4. 267-273.
- BUZÁS I., 1983. Szennyvíziszapok hatása a növények tápanyagellátására. In: Szennyvíziszap-elhelyezési Ankét, Budapest.
- CHANEY, R. L., 1983. Potential effects of waste constituents on the food chain. In: Land Treatment of Hazardous Wastes. (Eds.: PARR, J. F. et al.) 152-240. Noyes Data Corp. Park Ridge.
- COTTENIE, A., 1981. Sludge treatment and disposal in relation to heavy metals. In: Proc. International Conference, Heavy Metals in the Environment. Amsterdam, September 1981, 167-175. Amsterdam.
- DAVIS, R. D. & COKER, E. G., 1980. Cadmium in agriculture with special reference to the application of sewage sludge on land. Water Research Centre, U.K. Technical Report No. 139. 110-122.
- EPSTEIN, E., 1974. Effect of sewage sludge on some soil physical properties. *J. Environ. Qual.* 4. 139-142.
- GERRITSE, R. G. et al., 1981. Trace element mobility in soils. Effect of sewage sludge. In: Proc. International Conference, Heavy Metals in the Environment. Amsterdam, September 1981, 180-184. Amsterdam.
- GIRDANO, P. M., MORTVEDT, J. J. & MAYS, D. A., 1975. Effect of municipal wastes on crop yields and uptake of heavy metals. *J. Environ. Qual.* 4. 394-410.
- JOHNSTON, N. B. & BECKETT, P. H. T., 1981. Crop response to sewage sludge: minimizing the risk of misinterpretation caused by heavy metals and nitrogen. In: Proc. International Conference, Heavy Metals in the Environment. Amsterdam, September 1981, 198-208. Amsterdam.
- HANSEN, J. A. & TJELL, J. C., 1979. Guidelines and sludge utilisation in Scandinavia. In: Conference on Utilisation of Sewage Sludge on Land. 317-339. Water Research Centre. Oxford.
- HORVÁTH Z. & SÍK J., 1981. Szennyvíziszap mezőgazdasági elhelyezés kísérlet-sorozatának értékelése. Ankét, 1981. nov. 17. 26-28. Fővárosi Csatornázási Művek. Budapest.
- KÁDÁR I., 1991. A talajok és növények nehézfém-tartalmának vizsgálata. Környezet-és Természetvédelmi Kutatások. Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium - MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest.
- KIRKHAM, M. B., 1975. Uptake of cadmium and zinc from sludge by barley grown under four different sludge irrigation. *J. Environ. Qual.* 4. 423-426.
- LOGAN, T. L. & CHANEY, R. L., 1983. Utilization of municipal wastewater and sludge on land metals. In: Utilization of Municipal Wastewater and Sludge on Land. (Ed: PAGE, A. L.). 210-225. University of California. Riverside.
- MATHYS, W., 1979. Dynamics of some heavy metals in sewage sludge. In: Proc. International Conference, Management and Control of Heavy Metals in the Environment. London, September, 1979. 651-654. London.

- MACKEAN, A. J., 1976. Cadmium in different plant species and its availability in soils and influenced by organic matter and additions of lime, phosphorus, cadmium and zinc. *Can. J. Soil Sci.* **56**. 129-138.
- MILLER, W. J. et al., 1967. Influence of a high level of dietary cadmium on cadmium content in milk. *J. Dairy Sci.* **50**. 1424-1432.
- NÉMETH, T. et al., 1994. Model experiments to assess the fate of heavy metals in soils. In: *Biochemistry of Trace Elements* (Eds.: ADRIANO, D. C. et al.). Special issue of *Environmental Geochemistry and Health*. **16**. Science and Technology Letters. 505-514.
- OLÁH J., SZLÁVIK I. & SZÓNYI I., 1984. Települések szennyvíziszap-kezelési technológia fejlesztése. *Vízügyi Műszaki Gazdasági Tájékoztató*. **145**. 1-120.
- SAUERBECK, D., 1986. Vorkommen, Verhalten und bedeutung von anorganischen Schadstoffen in Böden. *Hohenheimer Arbeiten. Bodenschutz. Tanung über Umweltforschung an der Universität Hohenheim*. 77-96.
- SYKES, R. L., CORNING, D. R. & EARL, N. L., 1981. Sludge disposal of leather factories. *Journal Amer. Leather Assoc.* **76**. 102-104.
- SUTTLE, N. F., ALLOWAY, B. J. & THORNTON, I., 1975. An effect of soil on the utilisation of dietary copper in sheep. *J. Agric. Sci. Camb.* **84**. 249-254.
- SWAINE, P., 1962. The agricultural value of sewage sludge and sludge compost part. *Institute of Sewer and Purification for 1962*. 65-79.
- TAMÁS J., 1991. Agrárökoszisztémák, mint a szennyvíziszap befogadói. *Magyar Hidrológiai Társaság 9. Országos Vándorgyűlése, Székesfehérvár, jún. 26-28*. 294-303. Magyar Hidrológiai Társaság. Budapest.
- VERMES, L., 1987. Introductory considerations, benefits and limitations of the agricultural use of nonrural wastes. In: *Agricultural Waste Management and Environmental Protection* (Eds.: WELTE, E. & SZABOLCS, I.) 4th Int. Symposium CIEC, 11-14 May 1987, Braunschweig, FRG. **1**. 343-353. Goeltze Druck. Goettingen.
- WILLIAMS, J. H., 1980. Metal concentrations in soil and crop phytotoxicity. *Proc. Conf. Soc. Chem. Ind. on Reclamation of Contaminated Land, 1979. C6/I/C6/II*. 1-70. London.